

スーパーホゼン式工法による 道路橋コンクリート床版の長寿命化対策

日本全国には現在およそ69万橋もの橋が架けられており、その役割を果たしている。しかし、近い将来、役割を果たせなくなる数多くの橋梁が続出するとされている。その理由は橋の老朽化だ。橋梁の寿命はおおよそ50年とされているが、その年月を迎えようとしている橋が多いのである。架け替えてしまえば話は早いですが、それに必要となるコスト、工事により通行止めとなる交通問題、老朽化した橋の解体で発生する産廃などで現実的ではない。これらを踏まえ近年では橋梁の長寿命化対策が進んでいる。現存する橋梁を補修あるいは補強して延命を行なう計画である。今回紹介するのが橋梁の長寿化に最適な工法・スーパーホゼン式工法である。対策と工法について一般社団法人 日本建設保全協会の事務局長・山下鉄太郎、技術部長・宗栄一、同事務局・森本秀一の各氏に伺った。

はじめに

まず、ホゼン式工法という工法があった。ポリマーセメントモルタルを用いた床版増厚補強工法である。この工法は新工法として認知され実績を残したが、この工法が適用できない橋もあった。その後、九州共立大学牧角龍憲教授や山口大学との共同開発及び実験などにより特殊なアンカーの開発や樹脂注入を工程に加え技術の向上を図る。また、時代の社会資本のニーズを検証しつつホゼン式工法へ改良を加えスーパーホゼン式工法が誕生しNETIS登録工法となった。

1999年にはサン・ロード(株)が工法特許を取得、有志を集い設立したのが日本建設保全協会であり、現在においては会員31社・協賛会員5社を数え、一般社団法人となった。協会の総会だけでなく、積極的に全国各地へ赴き技術事務所単位でスーパーホゼン式工法の解説やPRに力を注いでいる。

スーパーホゼン式工法の開発経緯

この工法は九州の会社により考案されたホゼン式工法を継承した工法である。1990年代に入ると全国的に道路を走るトレーラーなど車両の大

型化が著しく見られる様になった。このことに伴い橋自体の耐荷重の見直しが求められた。従来までの橋は最大で車両の重量や積載物などを含めた車両総重量が20tまで耐え得る設計となっていたが、1993年に車道に架かる橋の建設にまつわるガイドラインが改訂されて車両総重量25tまでの耐荷重を求められるようになったのである。これまでも25t以上の車両もあったが、特別車両としてルートを設定されていた。

このような背景から、橋の補強が必須となり、1993年より本格的な橋の補強プロジェクトがスタートした。まず海外輸入物を搭載した大型コンテナを積載した大型車両が交通する港や工業団地から高速道路までのルートの補強を最優先とし、その補強工法

として高い実績を上げているのが、このスーパーホゼン式工法である。

また上記の運搬が頻繁に行なわれているルートでは、他の橋に比べ強度が高く車両総重量20t以上にも耐え得る性能をもっているが、全国の橋の中には明治に作られた橋、国の直轄管理ではない国道、市町村道路の中には20tの車両総重量にも耐えきれないものもある。橋の補強プロジェクトは全国各地数十万以上ある橋が対象となったのである。

従来の床版補強工法と問題点

まず全国各地に架けられている橋の構造は、車や人などの交通を直に支える鉄筋コンクリートで作られた床版とその床版を支える桁部に分けることが出来る。

橋の構造で一番補強が求められるのは直に車や人の交通の影響を受け痛み易い床版である。過去最大20tの荷重に耐える様に設計されていた橋であるが、床版の構造としてはわずか20cm程度、繰り返される自動車交通、路面からの水の浸入等でひび割れが生じ易い部分だ。橋の補強プロジェクトではまず、この床版の補強から開始された。

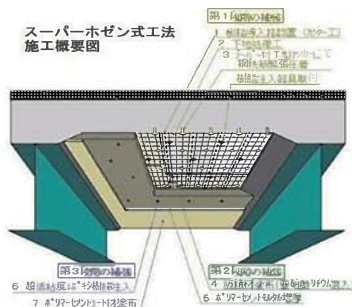


図1. スーパーホゼン式工法施工概要

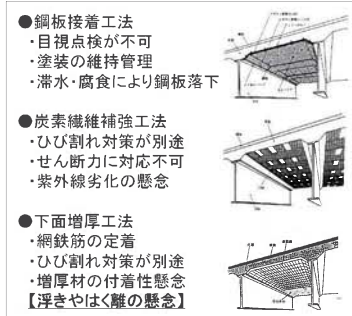


図2. 現行技術とその問題点

従来の橋の床版補強工法では「鋼板接着工法」「CFRP接着工法」「下面増厚工法」が挙げられる。

鋼板接着工法とは1970年代から実施され、これまでの補強工法のスタンダードとなっていた。鉄筋コンクリート床版の下面に4.5mmの鋼板をエポキシ樹脂で接着し剛性を向上させる方法である。床版と鋼板が樹脂で一体化するために鋼板により施工後の床版の劣化状況が見えず目視点検が難しい。また、水が溜まりやすい構造である。

CFRP接着工とは十数年前に開発された新しい工法で鉄筋コンクリート床版の下面に炭素繊維シートをエポキシ樹脂で含浸、積層して格子状に接着一体化させ補強する。炭素繊維シートの利点から軽量・耐腐食・高強度・補強量調整、床版の長寿命化にメリットを

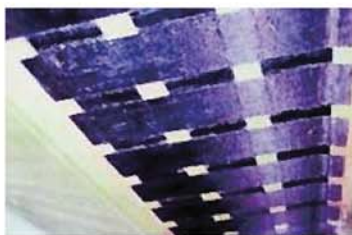


写真1. 炭素繊維補強工法

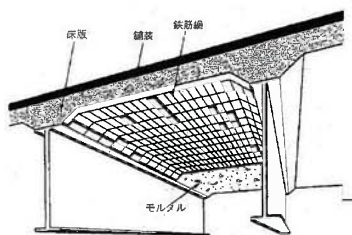


図3. 下面増厚工法概念

もつ。しかし、この工法は床版のひび割れは別途工事が必要となり、また、ひび割れの目視も行ないづらい。または現場で行なうために注意が必要であったり、耐久性は上塗りに依存する。また非常に施工後のメンテナンスが難しい工法とされている。

下面増厚工法とは十数年前に開発されたCFRP接着工と同じ様に新しい床版補強工法であり、今回のスーパーホゼン式工法の基盤となっている。6mm程度の溶接網鉄筋をアンカーで固定した後、ポリマーセメントモルタルを吹き付けし補強する。元来より床版の断面修復にはモルタルが用いられてきたが、付着面で懸念があった。

そこで、付着・接着に優れ強度を十分に確保できるポリマーセメントモルタルを用いたところにこの工法のメリットがある。また、現在の橋梁は床版のひび割れの状態で補修可否を決定している点から目視は非常に重要であるが、鋼板接着工法、CFRP接着工法で難しかった床版の点検が目視し易くなった点も見逃せない。

現代の橋梁に求められている補強工法

上述した1993年からの橋の補強1大プロジェクトは、平成7年に起きた阪神・淡路大震災を受け橋の耐震対策が着目され床版補強プロジェクトの進捗を得ず、対策が頓挫していた。

現在においては耐震対策が一段落したが、ここにきて早急に対処しなければ行けないのは橋の老朽化である。日本全国に架けられている15m以上の橋を例にあげれば、ほとんどが1960年代から急激に建設されたものである。つまり、現在は橋梁の耐久性性能が著しい問題となっているのだ。また、プロジェクトがストップしていた期間にも交通量は増し、車両の大型化がどんどんと進んでおり、当然橋の寿命には痛手となっている。

この背景から今現在、床版の補強＝橋の長寿命化とし、プロジェクトが再

スタートした。まず長寿命化のためには床版のひび割れの状態が重要となり、施工後もひび割れを目視点検でき、維持管理も容易な工法が求められる。



写真2. テーパー付きアンカー（左）、普通アンカー（右）

スーパーホゼン式工法の特徴

下面増厚工法を基盤としての上記したが、下面増厚工法は確かに長寿命化に優れた効果を発揮するが、増厚部やモルタルの浮きや剥離等の疲労耐久性に懸念があった。このような付着・接着の問題を改善するために、テーパ付アンカーの固定を工法に加え、エポキシ樹脂の注入を併用して床版と増厚材の完全一体化を目的に開発されたのがスーパーホゼン式工法である。

当工法は施工時、車両通行止めをする必要がなく、我々の交通を妨げることなく長寿命化を行なえる工法となっている。

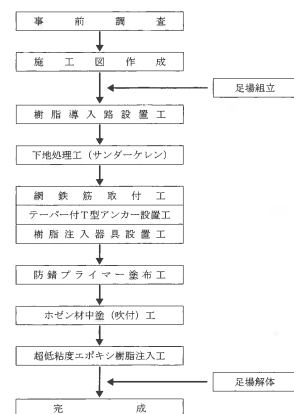


図4. 工事全体の施工フロー

■施工フローと効果

まず、従来の下面増厚工法ではまず、床版に溶接網鉄筋をアンカーで仮止めする。その後、ポリマーセメントモルタル増厚材を吹き付けるが、網鉄筋と床



写真3. 「テーパー付きT型アンカー」での網鉄筋の圧着固定の様子



写真4. 防錆プライマーの塗布



写真5. ホゼン材（ポリマーセメントモルタル）を吹付け増厚する様子



写真6. 超低粘度エポキシ樹脂の注入



写真7. ホゼンコート材塗布による仕上げ

版の界面まではモルタルが充填され難く微細な隙間が生じ易かった。この隙間により床版と部材のズレが生じ、結果的に交通量の多い橋ではその振動により増厚部の浮きに繋がる。下面増厚を施工する場合、網鉄筋と床版の隙間をいかに充填するかが重要となる。

スーパーホゼン式工法ではテーパー付アンカーを用いることにより、その改善を達成した。床版にテーパー付アンカーを打ち込むことで、くさび効果が発生し網鉄筋がまず押し出され、確実に網鉄筋と床版を圧着固定させることが可能だ。また、テーパー付アンカーの作用により床版に生じているひび割れの動きを抑制することができる。

その後、防錆プライマーを塗布しポリマーセメントモルタルを吹き付けて増厚。そして最後の工程として超低粘度エポキシ樹脂を注入器具を用いて低圧注入する。注入されたエポキシ樹脂は微細な隙間を補填しながら網鉄筋と床版との各界面とあらかじめ床版に入れておいた樹脂導入路を伝って、行き届く仕組みだ。そしてエポキシ樹脂が界面を満たしたあと、既設床版に生じているひび割れに浸透していく。

「床版と網鉄筋を確実に定着、樹脂注入を行なえるテーパー付アンカー」「モルタルの吹き付けで網鉄筋を接着し鉄筋の応力を減らす」「確実な樹脂注入による一体化」この3段階のフローがスーパーホゼン式工法の性能を発揮するための最大の特徴である。

■スーパーホゼン式工法のメリット

スーパーホゼン式工法の床版と増厚材との完全一体化は旧建設省土木研究所の道路橋床版の輪荷重走行試験で疲労耐久性が確認されている。

また、増厚に使用するポリマーセメントモルタルは中性化や塩害および凍結融解に優れた抵抗性も有していることから、床版全面のひび割れ、かぶり不足、凍結融解・塩害対策、最小網鉄筋によるひび割れの進行の抑制に

優れた効果を望める補修工法となり、また床版の補強工法では最小床版厚の確保と主鉄筋や配力鉄筋の不足状況に合わせ補強鉄筋量を設計する経済設計が可能だ。

メリットをまとめると「走行車両による振動や衝撃を緩和し確実な施工が行なえ通行規制も不要」「床版全面のひび割れ補修を同時に行なえる」「床版の応力を三段階で低減できる」「疲労耐久性や凍結融解抵抗性に優れる」「目的に応じ補修や補強の選択が可能」「施工後の美観にも優れており、目視点検も容易い」「メンテナンスが容易である」「NETISに登録された工法である(CG-110038-A)」となる。

■施工事例

スーパーホゼン式工法は北は北海道、南は鹿児島までと全国各地に広まり現在約53件の施工実績をもつ。1993年からの床版補修プロジェクトの25t対応の橋では、これまでに32件の施工を行なった。

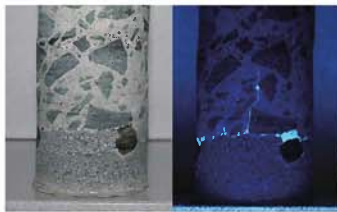


写真8. 施工事例（幌長橋・江別長沼線）

主な施工事例としては、江別長沼線の鋼鈹桁橋である幌長橋の床版補強対策、秋田県国道13号線に架かるPC桁橋である和田大橋のPC間詰め対策、高知県国道194号線に架かる鋼鈹桁橋である石見橋の床版補強対策、広島県のRCT桁橋である信高橋への12m/m²のひび割れ対策、広島県のRC床版橋である小林橋への塩害対策などがあり、また、水路関連施設構造



写真9. 施工事例 (和田大橋: PC桁橋)
上: 橋外観 左下: 施工前 右下: 施工後



可視画像 紫外線画像
写真10. エポキシ樹脂注入状況

物においても施工事例がある。

長野県の上田と松本を結ぶ昭和51年に開設した有料道路において、スーパーホゼン式工法が採用され、効果を発揮した。

この道路は長らくの凍害・塩害(凍結防止材)により劣化した有料道路で、迂回路、有料道路をストップさせることで生じる収益の問題等、様々な問題があり、補修・補強で対処したいとの希望から長野県道路公社はスーパーホゼン式工法を採用したのである。

当初は、床版打替えの案もあったことから、工法の効果を検証すべく載荷試験を実施、道路公社、コンサルタント、建設業者のもと実験が行なわれ、その効果を確認し、無事に補修・補強が完了となった。この有料道路の実績と実験結果をもとに土木学会へスーパーホゼン式工法を紹介したところ、25年3月に愛知工業大学で行なわれた「平成24年度土木学会中部支部研究発表会」において、橋梁の長寿命化が進むにあたって、積雪寒冷地での凍害や塩害の影響と床版の疲労の影響に対して今



技術部長・宗 栄一氏

後の長寿命化対策において有益な事例であると評価を受け、技術賞を代表として宗栄一氏が表彰を受けた。

■復興へのサポート

また、スーパーホゼン式工法は震災復興技術に登録されてる。しかし、大震災などの災害時には橋梁の床版の被災ではなく橋そのものが損壊する。

日本建設保全協会では被災後の復旧や復興の際の大型車両のルートの補強といった支援を提案している。事実、東日本大震災以後の復興道路の建設にスーパーホゼン式工法を用いている。

■橋梁の長寿命化

一般的に橋の耐久年数は50年と言われている。現在50年以上使用されている橋は1万5千橋あり、30年後には10万橋になると推測されている。また、北海道を例に挙げれば、1972年の札幌オリンピック時に札幌市内に橋梁が一気に建設されており、40数年が経っている。上記の耐久年数を鑑みれば、あと10年以内に老朽化した橋が続々と誕生するのである。

橋梁の架け替えも案として当然あるが、必要コストや解体した時の産廃、架け替えによる通行止め等の交通不便など諸問題と照らし合わせれば現存の橋を補修・補強するのが最適だ。

これまでの床版の補修工法であった鋼板接着工法やCFRP接着工法は

メンテナンスに問題があるため十数年程度、橋の寿命を延ばすことができるが、推定されている老朽化の橋の数では追いつかない。一方、同程度以上の延命ができ、メンテナンスも容易なスーパーホゼン式工法ではどうであろうか。

対処療法的な工法では、ますますコストも増えていき、まして、予算の制限などがあれば、我々の交通の安心安全を確保するのも難しくなる可能性もある。

この事から素早く補修・補強ができ橋梁をさらに長く持たせられる工法が必要だ。

■おわりに

年々、確実に老朽した橋梁の問題は今以上に取りざたされるだろう。普段、道の一部として何気なく交通している橋であるが、損壊し利用不可となれば私たちの交通状況は一変し、特に運搬を主とする流通産業においては深刻な影響を受けることが危惧される。この懸念は何時起るのか分からない災害の予想といったものではない。上記した老朽化が懸念される橋数を見れば近い未来必ず起こりうる問題である。

古くなった橋を補修補強し寿命を延ばし、メンテナンスも容易なスーパーホゼン式工法は、この事態を予防回避する最適な工法と言えるだろう。

最後に、この工法を全国に広く提案していくことで、社会資本の延命化やコスト削減を図り、また橋梁などのコンクリート保全を通じ地球環境をより良くし、将来の子供達に光り輝く未来をパトタッチしていきたいとしている。

日本建設保全協会のHPから、優れた工法の概要と協会の有志達を参照してみたいかであろうか。

【取材日・場所:平成25年5月20日,協会本部】